

3.1.6 実大規模実験の実験計画立案

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

大地震時における救急救命、被災後の生命維持の拠点となる医療施設など重要施設の、機能保持及び耐震性向上を資するデータを得るため、来年度実施する既存耐震構造（非免震）・免震構造による医療施設の実規模実験の実験計画を立案する。

(b) 平成19年度業務目的

既存の従来型構造（非免震）・免震構造に関しての E-ディフェンスを用いた実大規模実験のための実験計画立案を行う。そのために一般的な施設の構造と一般的な設備計画等の調査を行い、実大規模試験体の方向性を確定する。また振動実験前事前解析を行い、入力地震動や試験体構造等の確定を行う。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名
独立行政法人防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター	主任研究員	佐藤 栄児
	客員研究員	福山 囃夫
	企画室長	井上 貴仁
	研究員	酒井 久伸
	主任研究員	梶原 浩一
国立保健医療科学院	施設科学部長	笥 淳夫
	主任研究官	小林 健一
東京農工大	准教授	鎌田 崇義

(2) 平成19年度の成果

(a) 業務の要約

既存の耐震構造（非免震）と免震構造に関しての E-ディフェンスを用いた実大規模実験のための実験計画立案を行った。具体的には一般的な医療施設（一部情報通信室あり）を想定し、4層 RC 造の構造体（試験体）の設計を行った。3.1.1～3.1.3 の調査等の結果及び既存の一般的な医療施設の機能を考慮し、本構造体内には手術室、病室、診察室、検査室等を配置する計画とした。また、事前解析を行い入力地震動や試験体構造を確定した。

(b) 業務の成果

1) 緒言

平成20年度に実施を予定している E-ディフェンスを用いた重要施設（医療施設、一部情報通信施設）の機能保持性能を評価するための実大規模実験についての実験計画を立案

したので報告する。

2)実験目的

既存の重要施設の多くは耐震（非免震）構造であるが、最近では地震時の施設の機能保持にも有効な免震構造が採用されつつある。そこで、これら既存の耐震構造（非免震）と免震構造の2種類の構造に関しE-ディフェンス(防災科学技術研究所所有 実大三次元震動破壊装置（15m×20m、最大搭載重量1200tonの震動実験装置))を用いて実大規模実験を行い、施設の機能保持性能を検証する。重要施設を模擬した試験体を製作し、内部には一般的な医療施設の機能を配置し、既往の設計用基準地震動等に対する機能保持性能を明らかにする。また近年海溝型地震により発生が懸念されている長周期地震動による免震構造での限界性能も明らかにする。以下に各構造における主な実験項目を示す。

<耐震構造>機能保持性能、機能破損状況、復旧性能の定量的評価

<免震構造>機能保持性能、免震構造の限界性能の定量的評価

3)試験体

試験体として、内装等を施した建物（以下、建物試験体）及び内部に設置する機器（以下、機器等試験体）に分けて記載する。

a)建物試験体

建物試験体の基本設計方針を以下に示す。

3.1.1～3.1.3項の調査検討結果をもとにした試験体

現在の建築基準法及びその他関連法令に基づく建物

実大RC構造4層。

耐震実験（非免震）、免震構造での振動実験を可能。

H20年度とH22年度の振動実験に用いる。

及びで示すとおり、耐震実験時には大きな損傷（破壊・崩壊）を受けないような設計とし、平成22年度での実験では、軽度な損傷を補修修復し再利用する。

3.1.3項での機器の重要度及び災害復旧における緊急性の分類結果のうち重要度が高くさらに本実験で実施できるもの及び実施した方がよいものを以下に示す。

- ・コンピュータ、搬送機（以上、建築設備部門）
- ・レスピレータ（病棟部門）
- ・CT、X線テレビ、一般撮影、画像読取装置（以上、放射線部門）
- ・手術部門のほぼすべての機器（手術部門）
- ・生化学自動分析器、保冷库（以上、検査部門）
- ・薬品棚（薬剤部門）
- ・病歴棚、ICU、透析（クラッシュ症候群患者治療）(その他)

また、3.1.1～3.1.3 の調査結果より、災害時には上記機器のみでなくそれらを使用する上で必要となるライフライン設備（特に水、電気）の機能保持も非常に重要であるとの結論を得ている。

そこで本建物試験体では上記の結果を考慮し、医療施設における以下の部屋を設けることとした。

手術室
放射線関連撮影室
病室
スタッフステーション（棚、検査機器設置）
ICU 室
透析室
診察室

通常のホテルでは、手術室、ICU 室は滅菌の関係上中層階に設置されることが多いため本建物試験体では3階に、病室は比較的上層階に設置されることが多いため4階に、放射線関連の撮影室は重量物の機器が多く低層階に配置されることが多いため1階に配置することとした。

また、情報通信関連施設の部屋については、地震動での床応答を考慮し、1階と4階に設けることとした。

以上より、設計した建物試験体のおもな諸元を表1に、剛性及び振動モードを表2に、建物試験体の断面図、平面図を図1～6に示す。

一般的な建物において、周期と高さには以下の簡易式で示される関係がある。

$$T = 0.02H \text{ (S 造)}$$

$$T = 0.015H \text{ (SRC・RC 造)}$$

ここで、 T は周期[s]で、 H は高さ[m]を表す。これより求められる1次固有周期は0.244[s]で本建物試験体の1次固有周期と同程度である。本建物試験体は、耐震実験時に大きな損傷を受けない強度で設計しているが、特段一般的な建物と乖離した1次振動数となっているわけではない。

また、免震構造では免震の周期を一般的な建物の免震周期として妥当な約3秒程度になるよう今後積層ゴム等の設計を行う予定である。

表1 建物試験体の主な仕様

項目	諸元	
大きさ(柱スパン)	10m × 8m	
高さ	耐震時	16.3
	免震時	17.2
質量[t]	748	

表2 建物試験体の剛性及び振動モード

各層	層間 [m]	質量 [t]	X方向 初期剛性 [kN/m]	Y方向 初期剛性 [kN/m]	モード	X方向 固有値[s]	Y方向 固有値[s]
4階	3.4	97	2.96×10^5	3.018×10^5	1次	0.266	0.255
3階	3.9	116	3.1×10^5	3.633×10^5	2次	0.104	0.101
2階	3.4	116	5.5×10^5	5.673×10^5	3次	0.072	0.069
1階	3.9	122	6.836×10^5	7.492×10^5	4次	0.053	0.052
B	2.0	278					
基礎	0	19					

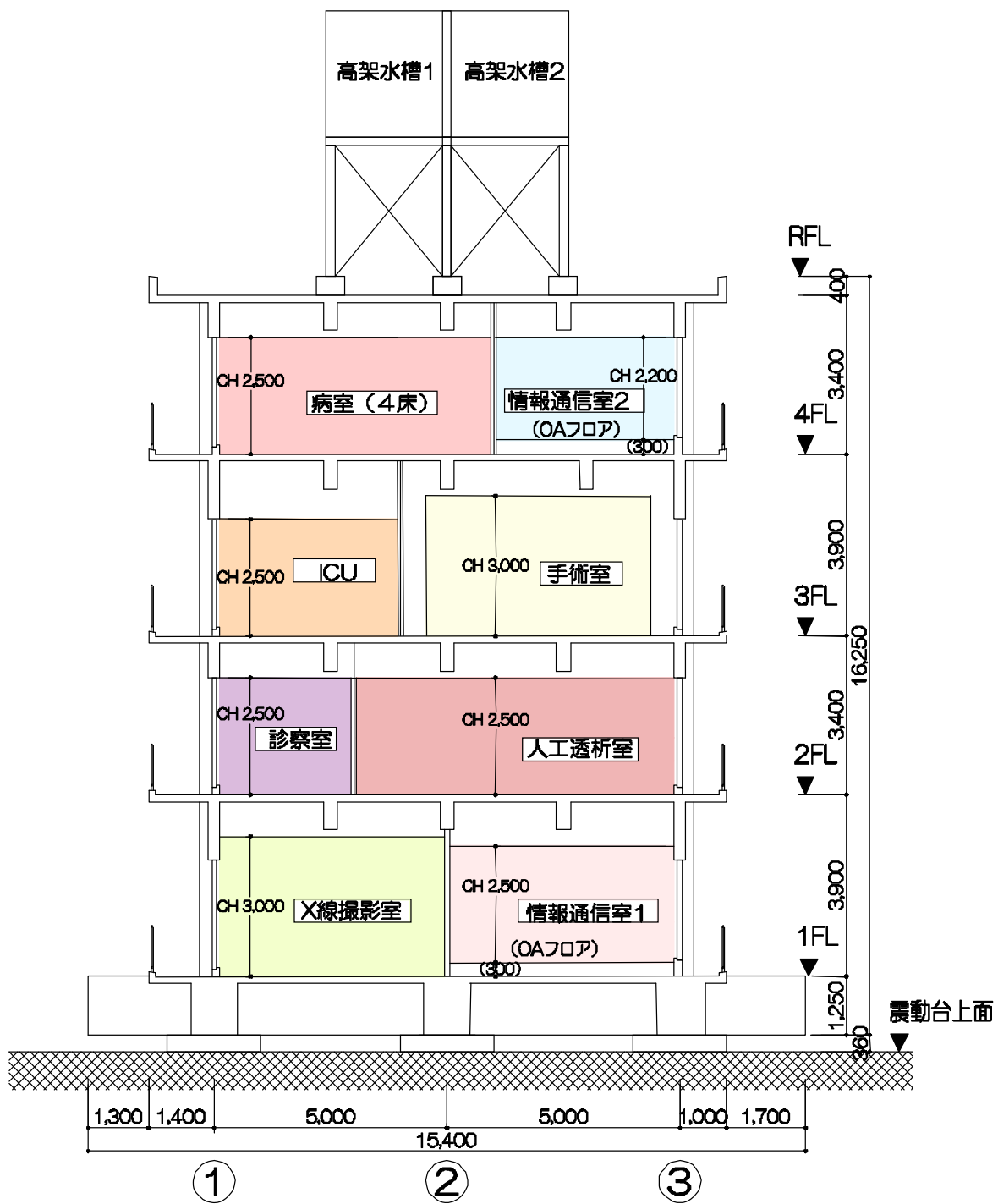


図 1 耐震実験時建物試験体断面図

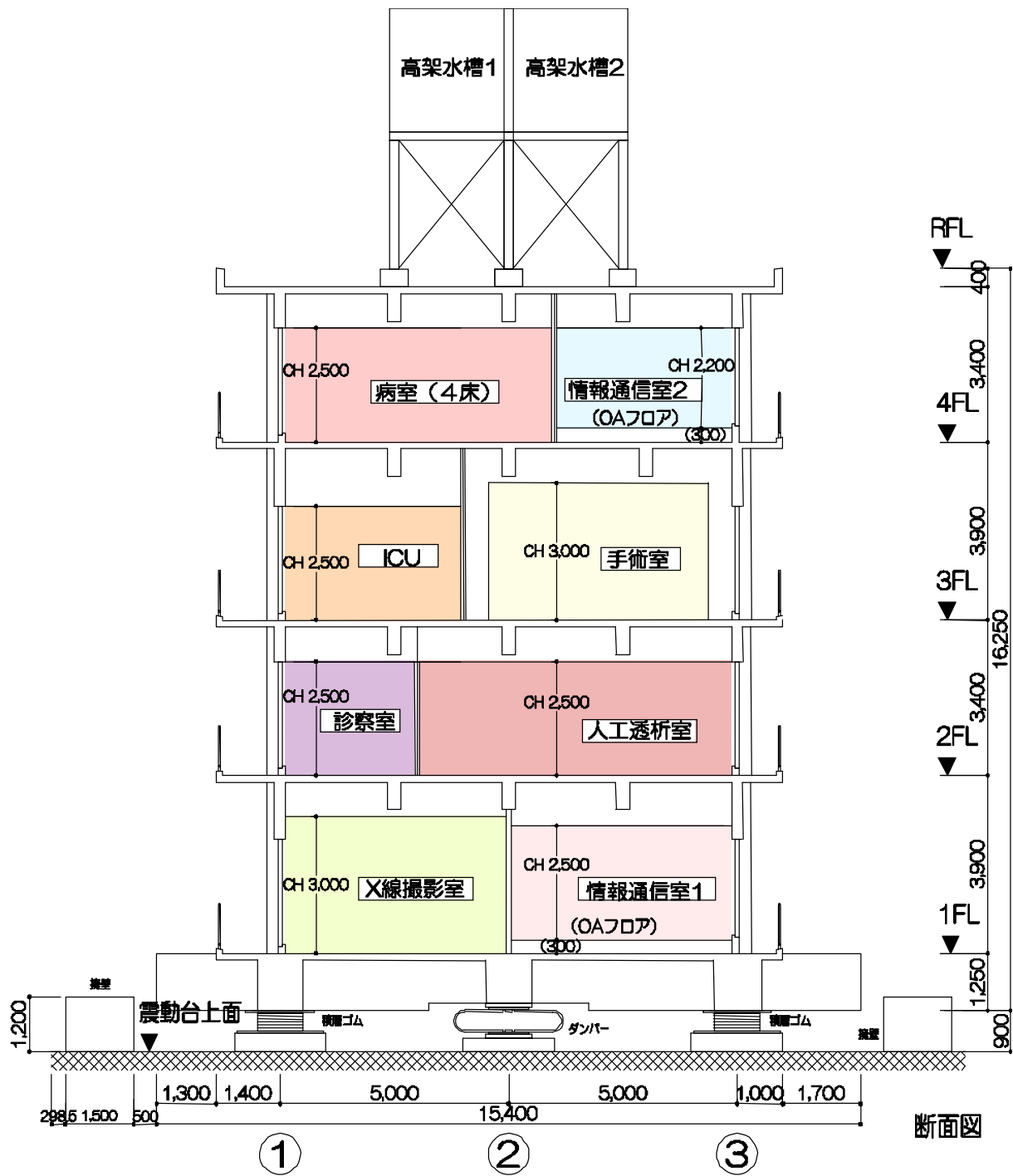


図2 免震実験時建物試験体断面図

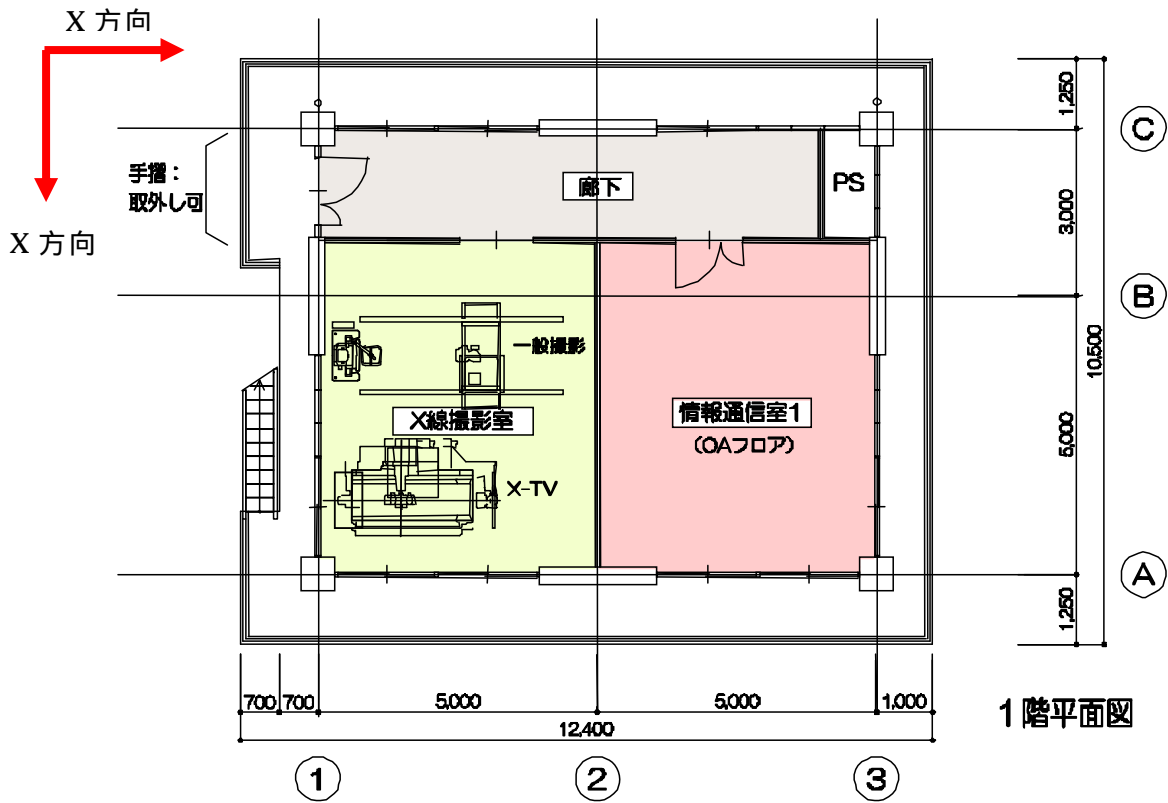


図3 建物試験体1階平面図

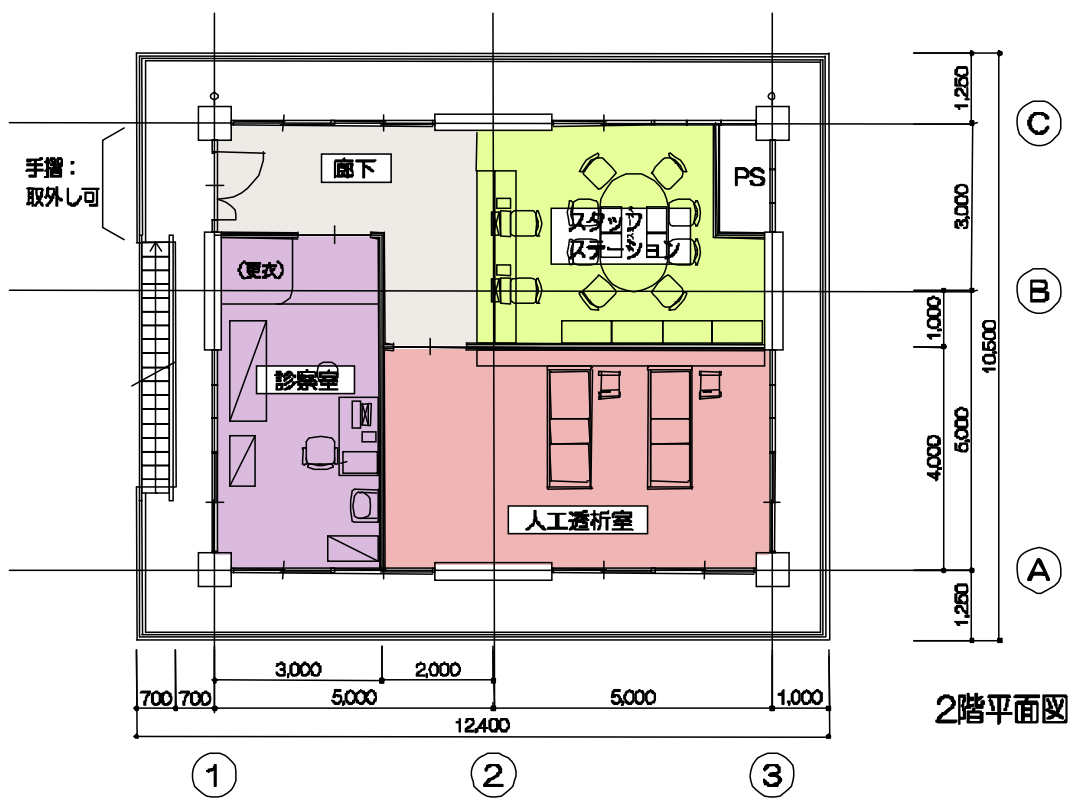


図4 建物試験体2階平面図

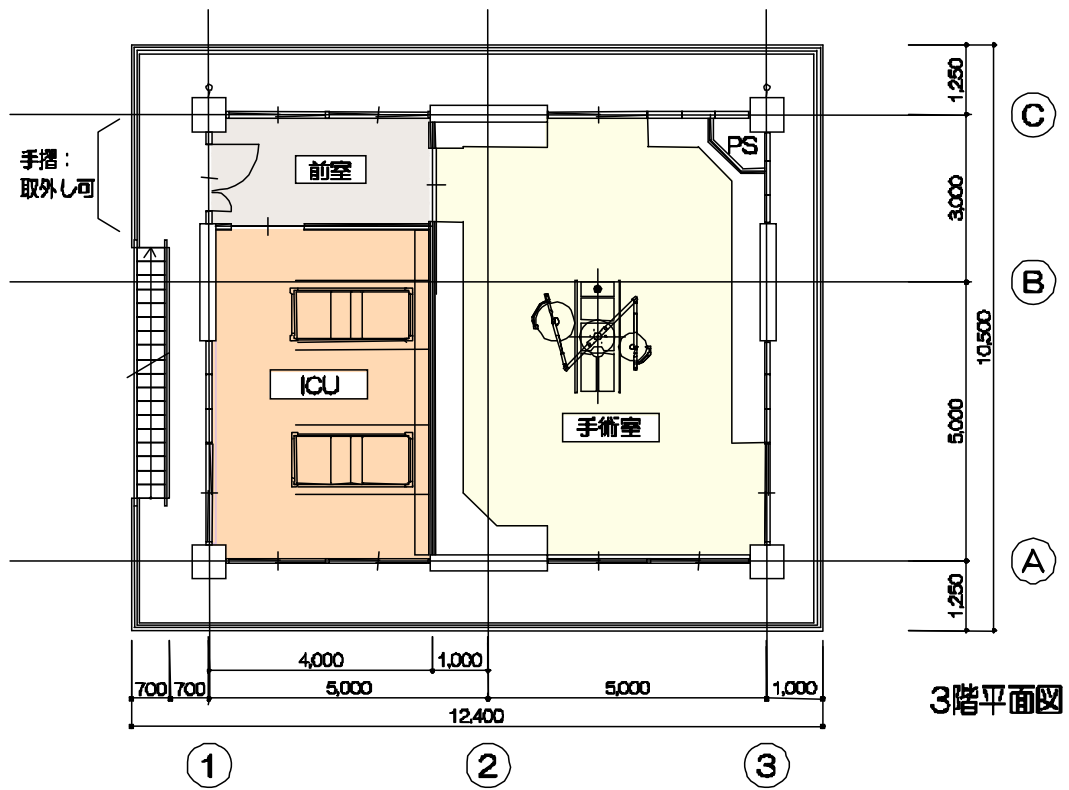


図5 建物試験体3階平面図

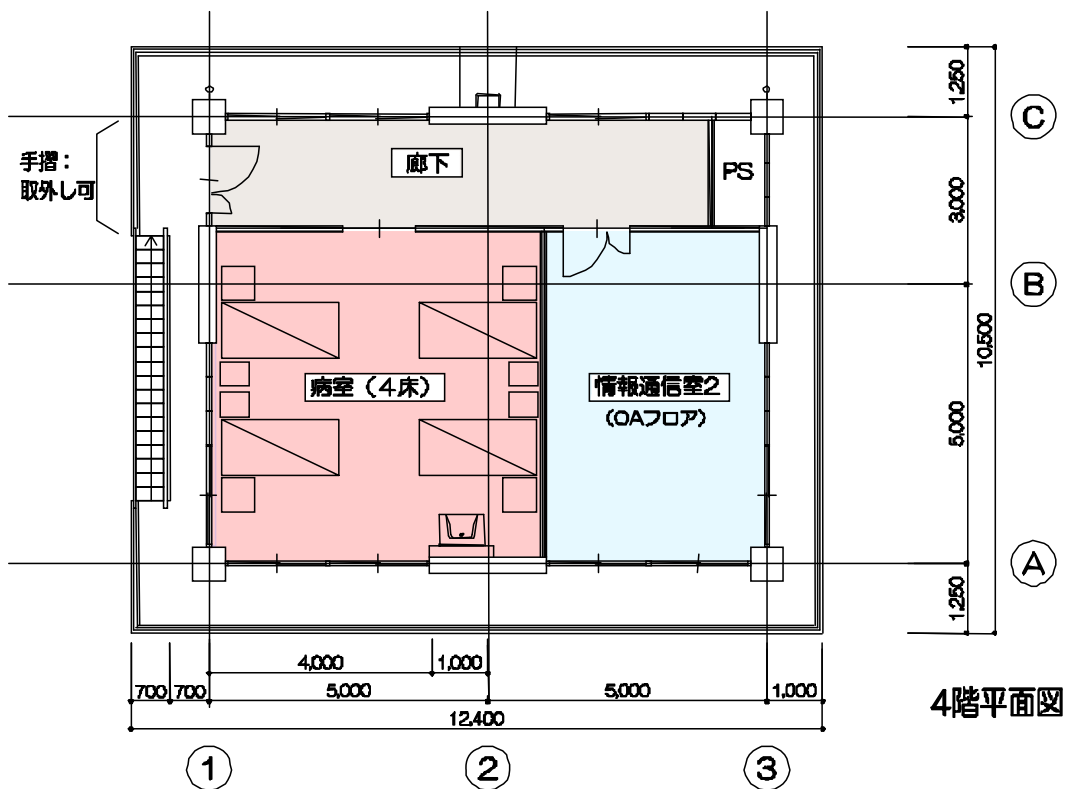


図6 建物試験体4階平面図

b)試験体（機器等試験体）

建物試験体内に設置する医療機器及び情報機器等の機器等試験体に関しては、本研究の実施予算内でそれらの機器を購入することは不可能である。そこで医療機器メーカー、医療機関、情報機器メーカー、情報関連機関等の協力を募り、これらの機器の無料提供頂く予定にしている。現時点ですでに協力頂いている及び協力を頂く予定の機関、メーカーを表3に示す。また現時点で入手している機器を表4に示す。今後も実験に協力いただける機関、メーカーを募り協力をお願いする予定である。

表3 協力機関及びメーカー

機関	予定提供機器
イトーキ	医療棚、デスク
岡村製作所	医療棚、デスク
セントラルユニ	ICU 室関連機器
日本シューター	気送管設備
文化シャッター	引戸
美和医療	手術室関連機器
大阪大学 附属病院	ME 機器等
大阪大学 情報推進部	ネットワークスイッチ等
国立天文台	サーバ等
ブリヂストン	積層ゴム

表4 入手機器及び提供機関

機器	提供機関
手術台	美和医療
ME 機器	大阪大学 附属病院
病室ベッド及び周辺什器	国立保健医療科学院
サーバラック	国立天文台
ネットワークスイッチ	大阪大学 情報推進部
水槽	

c)入力地震動

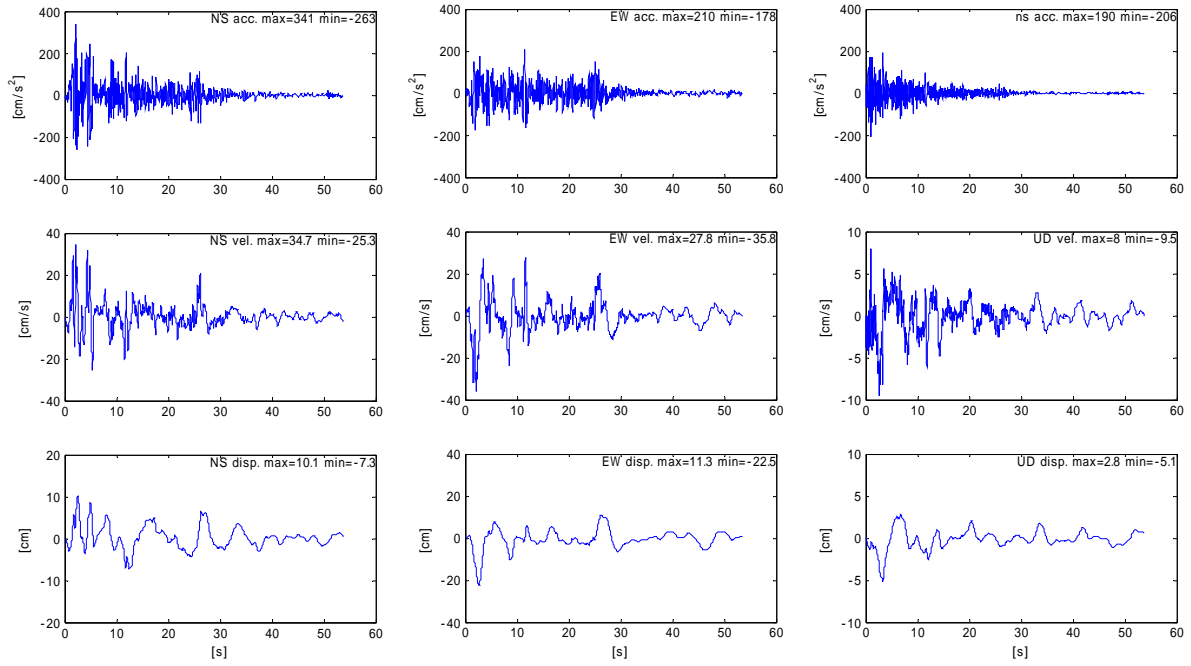
現在予定している入力地震動として、耐震及び免震構造では設計用基準地震動及び観測強震動、免震構造では長周期を予定している。また、今後発生が予想されている東海、東南海、関東地震での予測波、及び他の首都直下防災・減災特別プロジェクトで得られた成果としての予測波も入力波として用いる方向で検討する。

現時点で予定している入力地震動を表5に、それらの時刻歴波形、応答スペクトルを図7～10に示す。時刻歴波形は成分ごとに上から加速度、速度、変位を示し、応答スペクトルは各成分ごとに上から加速度応答スペクトル、速度応答スペクトル、変位応答スペクトル（それぞれ減衰定数5%とした）を示す。

エルセントロ波は、建物試験体の1次固有周期付近に大きな成分を持っていることが確認できる。また JMA 神戸波は若干建物試験体の1次固有周期より長めの周期帯域に大きな成分が含まれている。また想定東海東扇島は、かなりの長い周期帯域に大きなエネルギーをもっており、耐震構造ではそれほど影響はないと予想される。想定東海三の丸波では免震構造での実験を予定しており、予定している免震の周期である3秒付近にかなり大きな成分を持っており、変位応答スペクトルでもかなりの応答を示していることが確認できるため、減衰定数は異なるが免震実験時はかなりの相対変位が発生するものと予想される。

表5 入力予定波

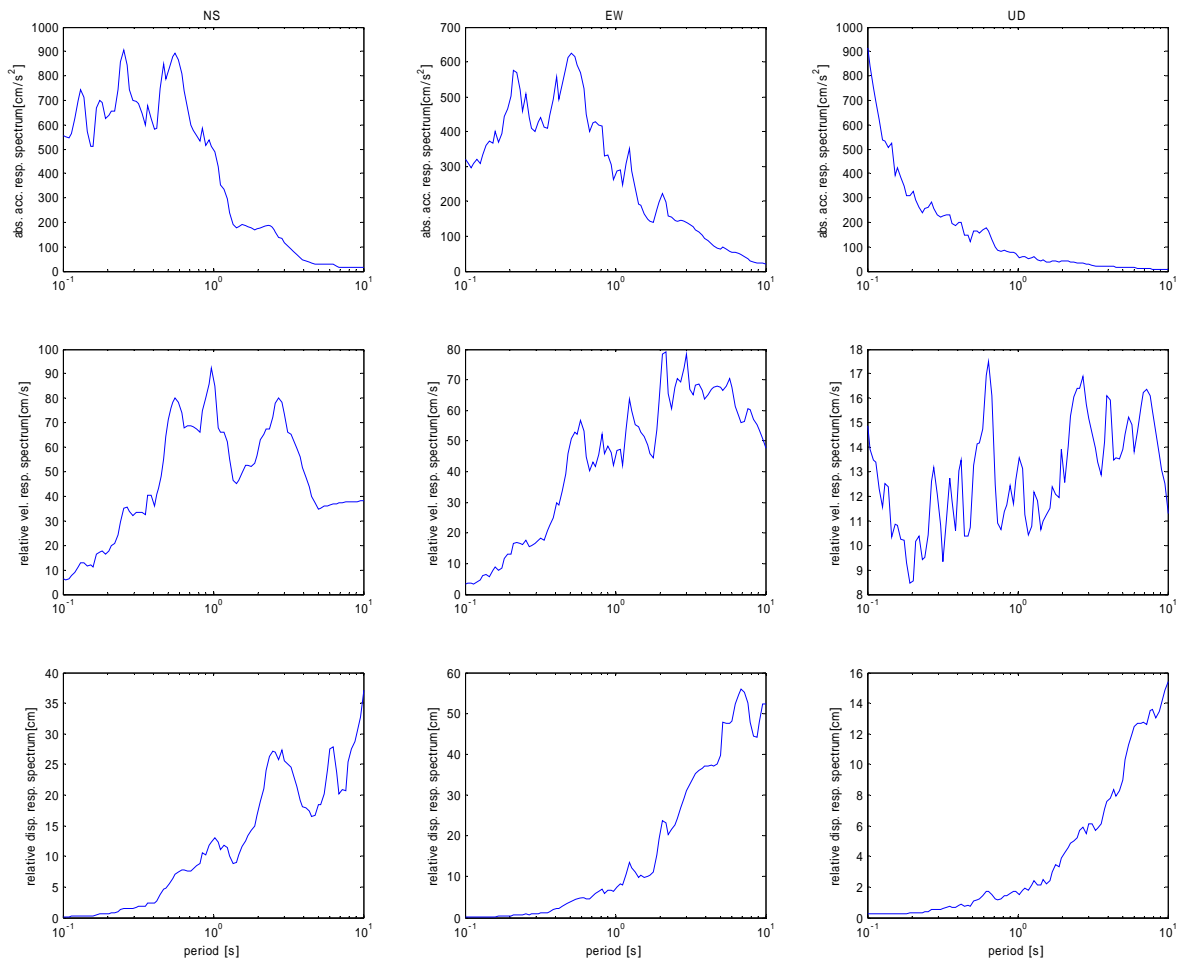
実験	地震波	成分	最大加速度 [cm/s ²]	最大速度 [cm/s]	最大変位 [cm]
耐震実験	エルセントロ (50cm/s)	NS	491	50.0	14.6
		EW	293	50.0	31.4
		UD	288	13.4	7.2
	JMA 神戸 (原波)	NS	818	85.4	16.8
		EW	619	69.1	17.3
		UD	333	38.9	8.9
	想定東海 東扇島波(原波)	NS	79.9	30.7	25.7
		EW	82.3	34.6	31.3
	免震実験	エルセントロ (50cm/s)	NS	491	50.0
EW			293	50.0	31.4
UD			288	13.4	7.2
JMA 神戸 (原波)		NS	818	85.4	16.8
		EW	619	69.1	17.3
		UD	333	38.9	8.9
想定東海地震 三の丸波(原波)		NS	165.8	46.9	15.5
		EW	185.9	49.1	19.1
		UD	116.4	18.4	6.2



(a)時刻歴 NS

(b)時刻歴 EW

(c)時刻歴 UD

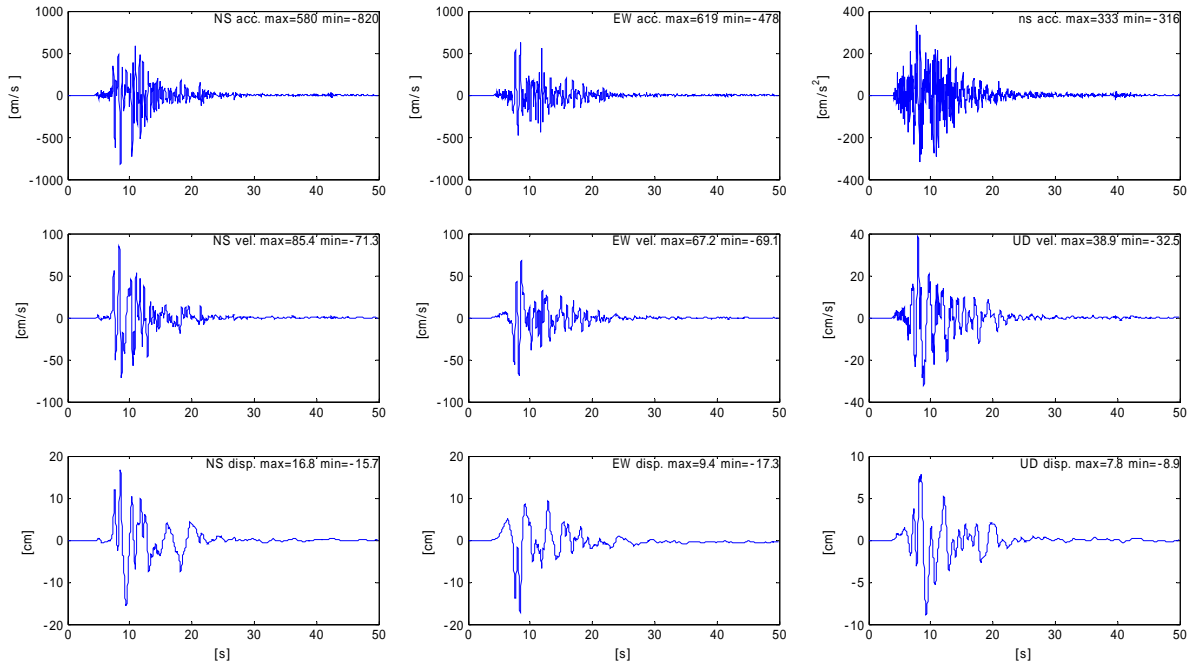


(d)応答スペクトル NS

(e)応答スペクトル EW

(f)応答スペクトル UD

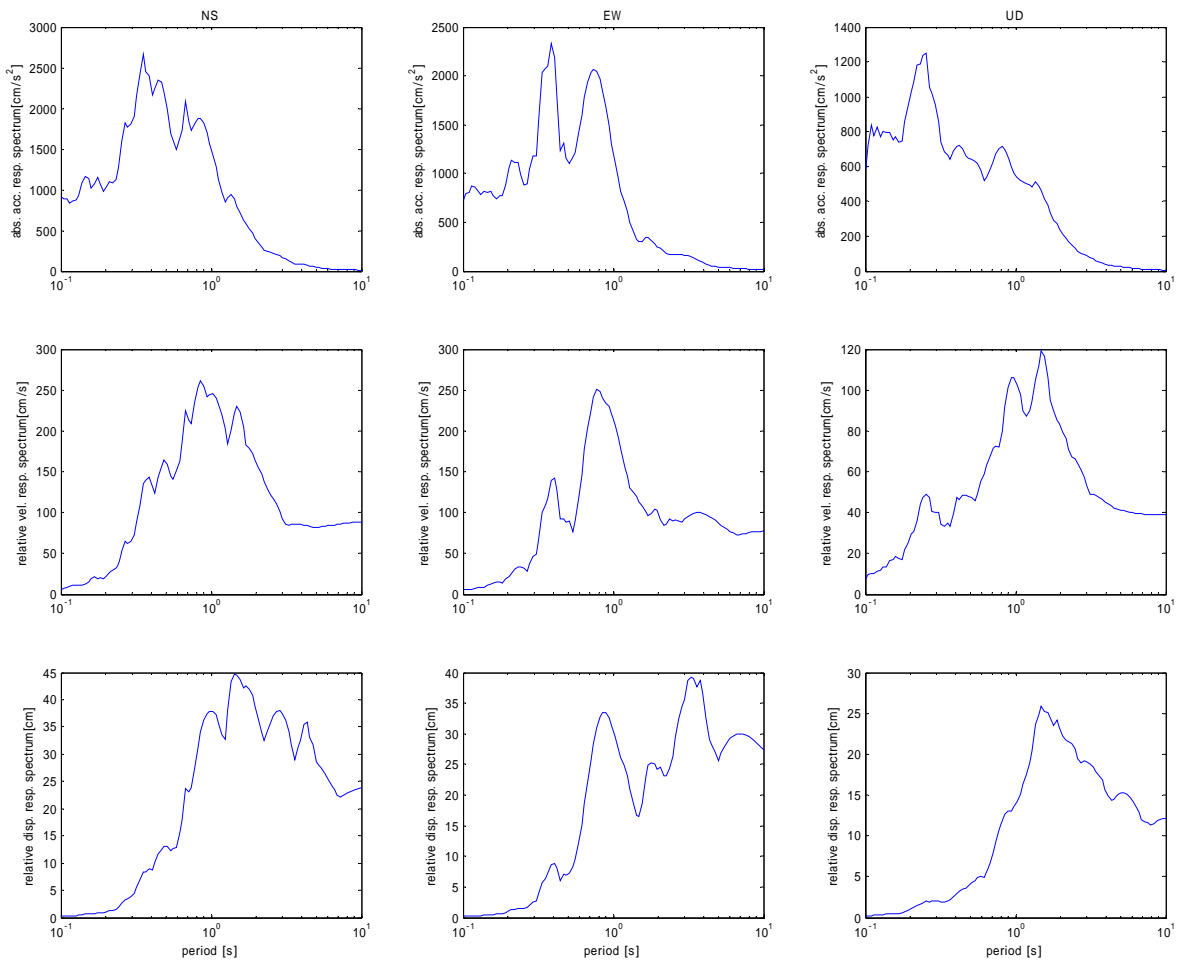
図7 エルセントロ波 (50cm/s)



(a)時刻歴 NS

(b)時刻歴 EW

(c)時刻歴 UD

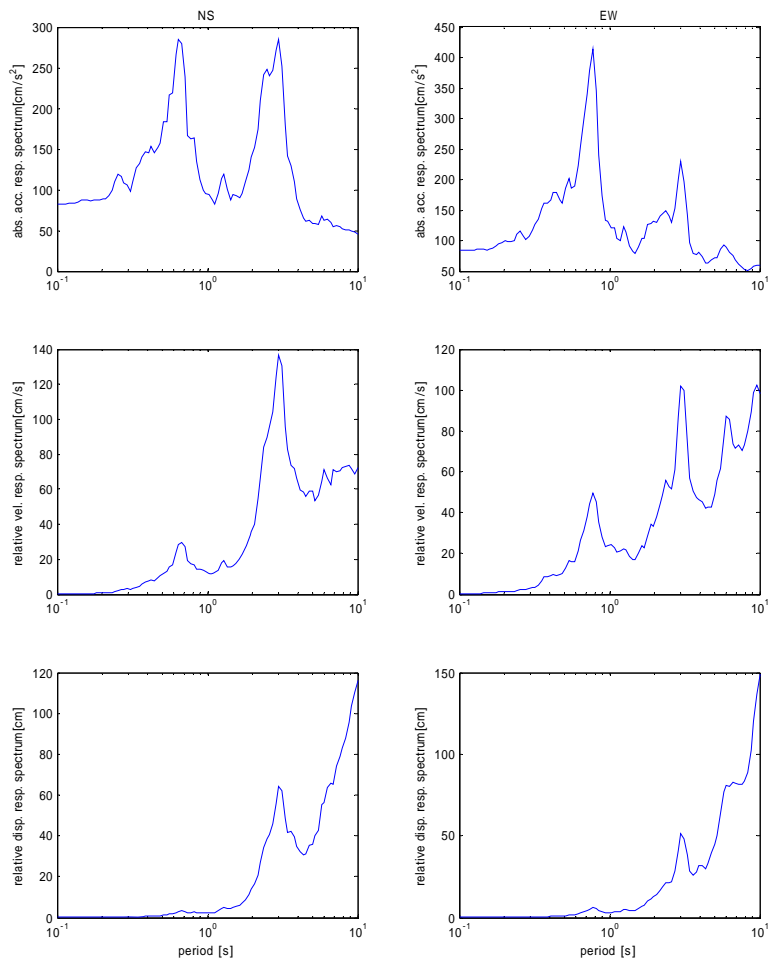
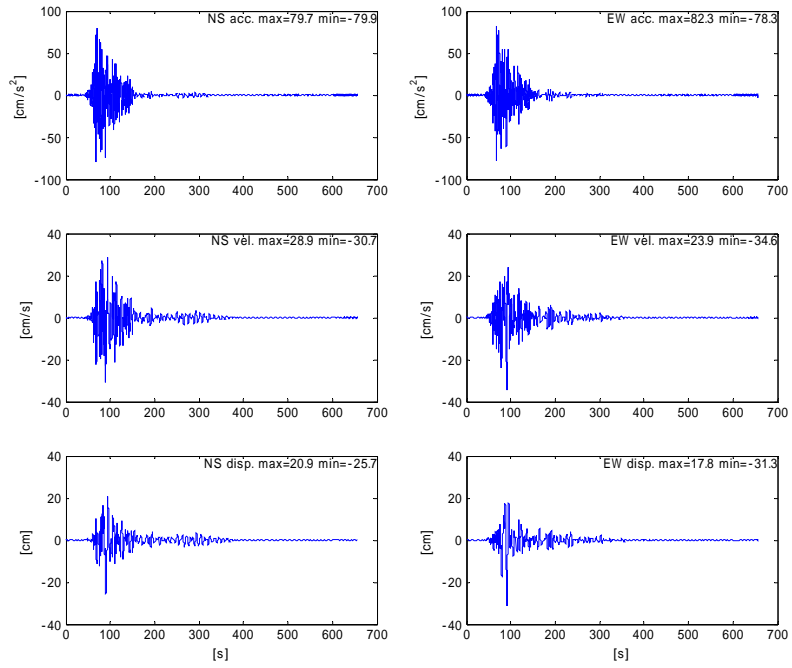


(d)応答スペクトル NS

(e)応答スペクトル EW

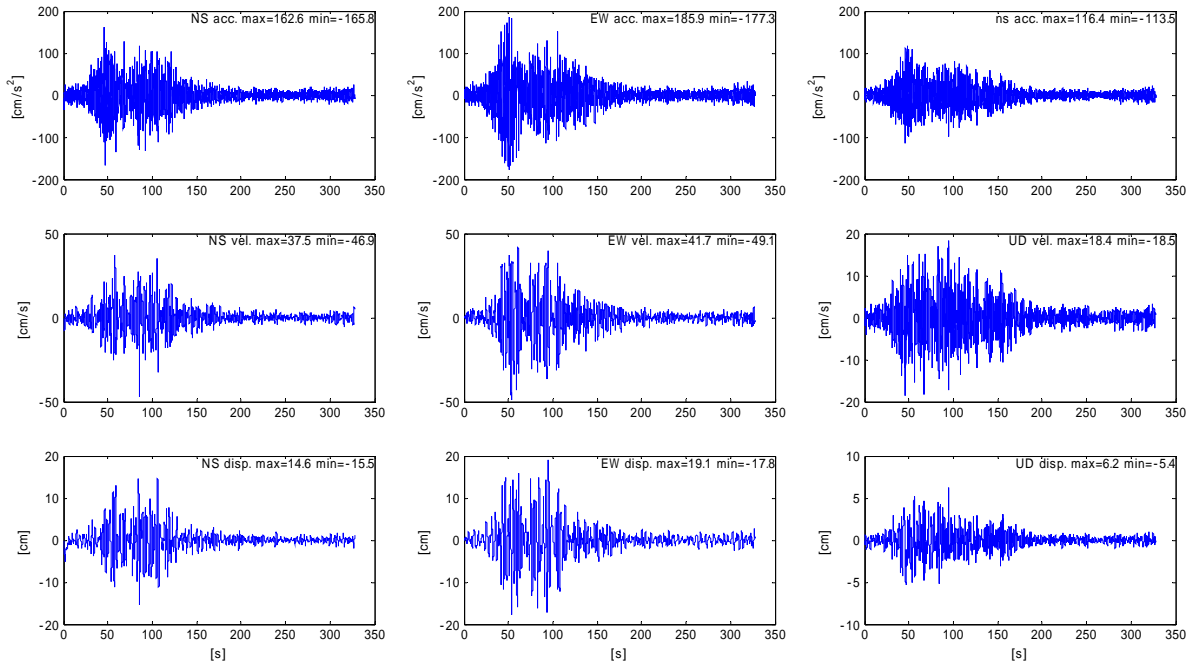
(f)応答スペクトル UD

図8 JMA神戸波(原波)



(d) 応答スペクトル NS (e) 応答スペクトル EW

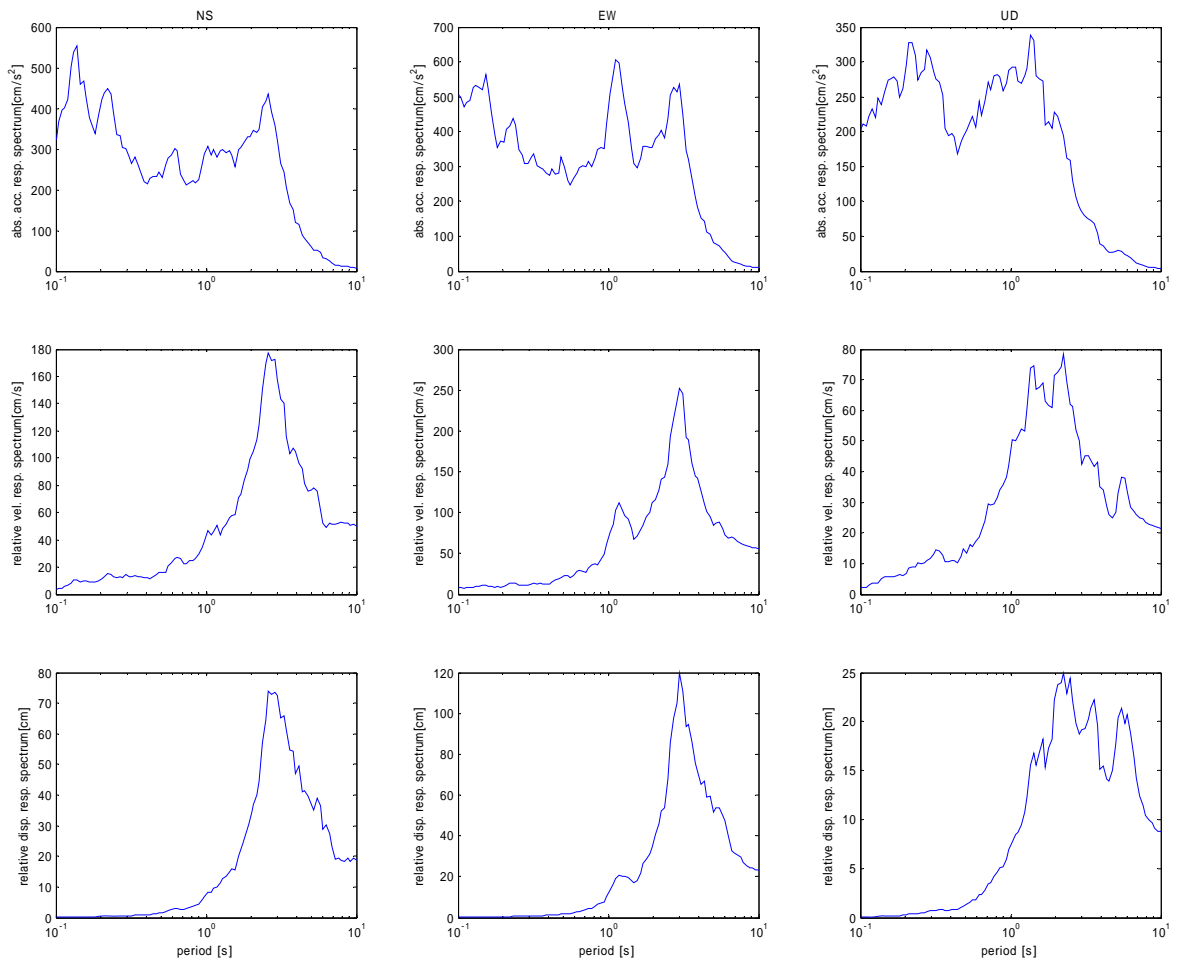
図9 東扇島波(原波)



(a)時刻歴 NS

(b)時刻歴 EW

(c)時刻歴 UD



(d)応答スペクトル NS

(e)応答スペクトル EW

(f)応答スペクトル UD

図 10 三の丸波 (原波)

d)計測項目

具体的な計測計画は平成 20 年度実施していく予定であるが、研究目的を実現するために現時点で予定している主な計測項目を表 6 に示す。機器等試験体の応答に関しては本年度実施した機器単体での耐震実験時で画像による三次元変位計測を実施しある程度の計測は可能であったが、実大実験では建物試験体内部にこれらの機器等試験体を設置するため、震動台の基礎などから画像で機器等試験体を撮影することが非常に困難であると考えられる。そのため、機器等試験体の映像を CCD カメラ等で収録する予定であるが、それらの映像からオフラインで変位を計測する市販のシステム等を利用するなどの工夫が必要と考えられる。

表 6 主な収録予定項目

項目	主なチャンネル数	計測項目等
建物試験体の応答	200ch	加速度、変位、歪み
機器等試験体の応答	400ch	加速度、変位、角度
機器等試験体の映像	30ch	各部屋 3 点程度

e)工程

実験の予定工程を表 7 に示す。震動台を利用可能な期間は 12 月 2 週目程度から 1 月末日までであるが、年末年始をはさむため、実質の震動台優先期間は 1.5 ヶ月程度となる。

振動実験は、試験体の破損を考慮し、はじめに免震構造での実験を実施し、その後免震装置を取り外し直接建物試験体の基礎を震動台と結合し耐震構造とし、再び振動実験を行う。これにより補修等の経費削減及び実験効率の向上が可能となる。各構造での加振予定日として、それぞれ 3 ~ 4 日として計画している。

振動実験後は、震動台より 900ton キャリア（試験体搬送装置）等を用い建物試験体を実験場から搬出し、平成 22 年度の実験まで補修保管する。これにより平成 22 年度では実験工程の短縮及び試験体製作に関する予算はほとんどかからないため、新たな機能保持対策技術の施工等に予算をかけることができるものと思われる。

表 7 平成 21 年度の実験予定工程



f)予算

現時点で計画している予算としては、試験体として 8,400 万円、計測経費として 735 万加振費用として 1,400 万程度見込んでいる。

(c) 結論ならびに今後の課題

平成 20 年度に実施を予定している実大規模実験についての実験計画の立案を行った。建物試験体に関しては基本設計方針を満たす試験体の基本設計を行い、一般的な医療施設として問題のないものが設計できた。また入力地震動及び計測計画に関しても、詳細は今後より詰めていく必要があるが、実験目的を達成できる計画を立案できた。一方、機器等試験体の入手方法や予算範囲内での実施が今後の課題となる。

(d) 引用文献

なし

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果	発表者氏名	発表場所	発表時期	国内・外の別
震災時の医療・情報通信施設の機能保持に関する研究 - 震災時における建物の機能保持に関する研究開発(その1) - 口頭発表	佐藤栄児、中島正愛、井上貴仁、酒井久伸、寛淳夫、小林健一、鎌田崇義	広島大学 2008年度日本建築学会大会(中国)	2008年9月	国内

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載論文	発表者氏名	発表場所	発表時期	国内・外の別
なし				

マスコミ等における報道・掲載

報道・掲載された成果	対応者氏名	報道・掲載機関	発表時期	国内・外の別
なし				

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1)特許出願

なし

2)ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定
なし

(3) 平成 20 年度業務計画案
なし

